



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 13 001 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**G 01 N 27/22**  
G 01 R 27/26

②1 Aktenzeichen: 100 13 001.1  
②2 Anmeldetag: 6. 3. 2000  
④3 Offenlegungstag: 20. 9. 2001

DE 100 13 001 A 1

⑦1 Anmelder:

Borsi, Hossein, Prof. Dr.-Ing., 30167 Hannover, DE;  
Gockenbach, Ernst, Prof. Dr.-Ing., 31303 Burgdorf,  
DE

⑦2 Erfinder:

Borsi, Hossein, 30167 Hannover, DE; Gockenbach,  
Ernst, 31303 Burgdorf, DE; Wanerberg, Volker,  
30163 Hannover, DE; Fofana, Issouf, 30165  
Hannover, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Verfahren zur Bestimmung der Feuchtigkeit in Flüssigkeits-Papier-isolierten Anlagen wie Transformatoren

⑤7 Die Feuchtigkeit in der Isolierung einer Flüssigkeit-Papier isolierten Hochspannungsanlage stellt eine der Hauptursachen für die Reduzierung der elektrischen Festigkeit der Isolierung und die beschleunigte Alterung dar. Zur Zeit werden in bestimmten zeitlichen Abständen aus der Isolierflüssigkeit Proben entnommen, aus denen die Feuchtigkeit in der Regel mit Hilfe der Karl Fischer Titrationmethode bestimmt wird. Mit Hilfe der Gleichgewichtsdiagramme zwischen der Feuchtigkeit in der festen Isolierung und Feuchtigkeit in der flüssigen Isolierung wird dann die Feuchtigkeit in der festen Isolierung von Flüssigkeit-Papier isolierten Anlagen wie z. B. Transformatoren bestimmt.  
it dem erfindungsgemäß durchzuführenden Verfahren wird mit der Hilfe der elektrischen Messung der Veränderung der Kapazität und Leitfähigkeit der festen Isolierung in Abhängigkeit von der Feuchte der Isolierung unmittelbar die Feuchte in der festen Isolierung bestimmt.

DE 100 13 001 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Feuchtigkeit in der Isolierung einer Flüssigkeit-Papier isolierten Hochspannungsanlage stellt eine der Hauptursachen für die Reduzierung der elektrischen Festigkeit der Isolierung sowie eine beschleunigte Alterung dar. Zur Zeit werden in bestimmten zeitlichen Abständen aus der Isolierflüssigkeit Proben entnommen, aus denen die Feuchtigkeit, in der Regel mit Hilfe der Karl Fischer Titrationsmethode bestimmt wird. Aus diesen Ergebnissen wird dann mit Hilfe der Gleichgewichtsdiagramme zwischen der Feuchtigkeit in der festen Isolierung und der Feuchtigkeit in der flüssigen Isolierung die Feuchtigkeit in der festen Isolierung von Flüssigkeit-Papier isolierten Anlagen wie z. B. Transformatoren bestimmt. Eine ständige Messung während des Betriebs der Anlage ist im Allgemeinen nicht möglich. Eine Bestimmung der Feuchtigkeit der festen Isolierung ist jedoch für die Abschätzung des Zustandes der Isolierung und der Bewertung der Restlebensdauer von sehr großer Bedeutung.

## Problem

Die Feuchtigkeit in Flüssigkeit-Papier isolierten Anlagen wie z. B. Transformatoren reduziert die elektrische Festigkeit der Isolierung, erhöht die dielektrischen Verluste und beschleunigt die Alterung der Isolierung. Wasser in der Isolierung kann über die Außenluft eindringen und durch die Zersetzung der Isolierstoffe entstehen. Um die Alterung zu begrenzen und bei Hochspannungsanlagen eine Reduzierung der elektrischen Festigkeit zu verhindern, ist der Wassergehalt in der Isolierung ständig klein zu halten. Hierzu ist es notwendig, die Feuchtigkeit in der Isolierung zu kennen, um rechtzeitig Abhilfemaßnahmen einleiten zu können.

## Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik

Die mit der Erfindung erzielten Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik bestehen insbesondere darin, daß durch die kontinuierliche Bestimmung des Wassers in der festen Isolierung die Feuchtigkeit in der Isolierung ständig bekannt ist und damit innerhalb Grenzen gehalten werden kann. Außerdem ermöglicht dieses Verfahren eine einfache und kostengünstige Messmethode, die es erlaubt, den Wassergehalt unmittelbar ohne Berechnung über den Gleichgewichtszustand in der festen Isolierung zu bestimmen. Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt elektronisch, so dass die Daten unmittelbar zum Zwecke des Monitoring und der Diagnose eingesetzt werden können. Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Sensor in ein bestehendes Überwachungssystem zu integrieren.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Feuchtigkeit in Flüssigkeits-Papier isolierten Anlagen dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Kapazität und oder der Leitfähigkeit infolge der Feuchtigkeitsänderung im Isoliersystem mit Hilfe eines entsprechenden Sensors gemessen und daraus die Feuchtigkeit im festen Dielektrikum ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor zur Messung der Feuchtigkeit im Papier mit einem ähnlichen Isoliersystem versehen ist wie die Isolierung der Anlage, in der die Feuchte gemessen werden soll, so dass aus der gemessenen

Feuchte auf die Feuchte in der Isolierung der Anlage geschlossen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei neuen Anlagen vor der Imprägnierung und während der Trocknung vor der Imprägnierung der Wassergehalt des festen Isolierung kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen ermittelt werden kann.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei sich im Betrieb befindlichen Anlagen während des Betriebs der Wassergehalt der festen Isolierung kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen gemessen werden kann.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen von vorgegebenen Grenzen der ein Alarmsignal aktiviert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren als Teil einer Überwachungsanlage integriert werden kann.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der eigentliche Sensor als Teil der Anlage in die Isolierung der Anlage integriert werden kann.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor auch an vorhandene Anlagen nachträglich integriert werden kann.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die ständige Kenntnis über die Feuchte in der festen Isolierung die Beanspruchung und der Wartungsaufwand der Anlage optimiert werden können.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Kombination mit den Verfahren zur Messung der dielektrischen Antwort der Isolierung wie z. B. RVM, Messung von  $\tan \delta$  bei höheren Frequenzen und Messung des Relaxationsstromes, eine Diagnose des Isolationszustandes und eine Bestimmung des Alterungszustandes der Isolierung durchgeführt wird.